

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2003035875 A

(43) Date of publication of application: 07.02.03

(51) Int. Cl.

G02B 26/08

B81B 3/00

(21) Application number: 2001222399

(22) Date of filing: 24.07.01

(71) Applicant: HITACHI LTD HITACHI METALS LTD

(72) Inventor: HORINO MASAYA

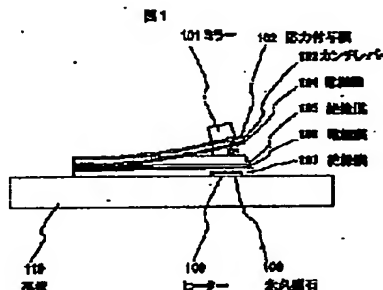
(54) OPTICAL SWITCH

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical switch which does not change its state in spite of the occurrence of a service interruption and curtails electric power consumption during holding of the state.

**SOLUTION:** The position of a reflector plate placed in a movable state in an optical changing over section is set near the reflector plate or on a substrate near the reflector plate and a soft magnetic material is disposed on an opposite substrate or near the reflector plate, by which the optical switch is so constituted as to maintain the changing over position by the timing forces of attraction of a permanent magnet after the movement of the reflector plate.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-35875  
(P2003-35875A)

(43) 公開日 平成15年2月7日(2003.2.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E 2 H 0 4 1
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-222399(P2001-222399)

(22) 出願日 平成13年7月24日(2001.7.24)

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000005083  
日立金属株式会社  
東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 堀野 正也  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

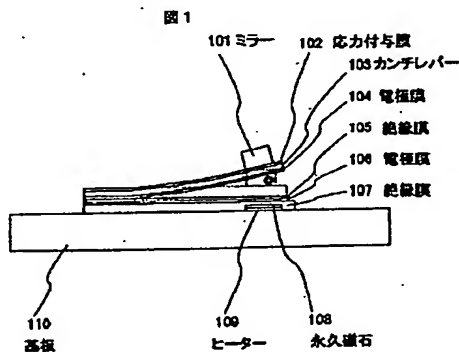
(74) 代理人 100075096  
弁理士 作田 康夫  
Fターム(参考) 2H041 AA16 AB13 AC01 AC04 AZ08

(54) 【発明の名称】 光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 静電力を利用した従来の光スイッチでは、電源を切断して静電力がなくなると、可動部が中立位置にもどってしまうという課題があった。そのため動作頻度が小さい光スイッチにおいては、切り換え位置を長時間保持しつづけることになる。その間も電力を消費しつづける場合は、電源の増強や装置の冷却など、付加設備が必要となる。また切り換え保持時の電力を小さくすることは電力消費量低減の上からも必要である。

【解決手段】 光切り換え部に移動可能な状態で置かれる反射板の位置を、反射板近傍、あるいは反射板近傍の基板上に設け、対向する基板上あるいは反射板近傍に軟磁性体を設けることにより、反射板の移動後は永久磁石の時期吸引力をもって切り換え位置を保持するよう構成するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】入力光を反射板に入射して光路を切り換える光スイッチにおいて、一端が基板上に支持され他端面に反射板を固定したレバーと、前記基板上に設置された磁石とを備え、前記光路の切換え時は前記レバーに付与した応力で前記レバーに反りを与え、前記光路を直進させるときは前記磁石で前記レバーの磁性部分を吸引することを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】前記レバーに応力付与部材と軟磁性体を重合させたことを特徴とする請求項1記載の光スイッチ。

【請求項3】前記永久磁石に吸着力緩和手段を設置したことを特徴とする請求項1乃至2のいずれかに記載の光スイッチ。

【請求項4】入力光を反射板に入射して光路を切り換える光スイッチにおいて、一端が基板上に支持され他端面に反射板を固定したレバーと、このレバーに重合された応力付与部材と、前記基板上に設置されたシリコンゲルとを備え、前記光路の切換え時は前記応力付与部材で前記レバーに反りを与え、前記光路を直進させるときは前記シリコンゲルで前記レバーを吸引することを特徴とする光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信などに用いられるマトリクス光スイッチに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年の高度情報化、マルチメディア化に対応して大量の情報の伝達が可能な光通信の要求が高まっている。この光通信分野においては、加入者間の回線切換えのために信頼性が高い光スイッチが必要である。

【0003】このような光スイッチを備えた従来の光路切換装置として、例えば特開2000-98270号公報があげられる。この従来技術は、ミラーの駆動力として電磁力を用い、電力を供給しなくてもミラーを自己保持できる機能を有するものである。具体的には、N極とS極の半円筒状永久磁石を組み合わせて円柱状とし、このN極とS極の境目にミラーを取付けた円筒状の永久磁石を準備し、この円筒状永久磁石を円筒状支持部に収納したものである。この支持部の下には、電磁石が配置されている。従って、電磁石のコイルに電流を流し、円筒上永久磁石に対向する領域にS極を有する磁界を形成すると、この磁界のS極に永久磁石のN極が吸引され、円筒状永久磁石が回転することによってミラーが動作することになる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、上述したように、ミラーを取り付けた円筒状永久磁石が円筒状支持部材内を回転するため、円筒状永久磁石或いは円筒状収納部の摩擦が発生する可能性があり、光スイッチとしての信頼性が乏しかった。

【0005】本発明の目的は、摩擦部分を無くし、信頼性を向上させた光スイッチを提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的は、入力光を反射板に入射して光路を切り換える光スイッチにおいて、一端が基板上に支持され他端面に反射板を固定したレバーと、このレバーに重合された応力付与部材と、前記基板上に設置された磁石とを備え、前記光路の切換え時は前記応力付与部材で前記レバーに反りを与え、前記光路を直進させるときは前記磁石で前記レバーの磁性部分を吸引することにより達成される。

【0007】また、前記レバーに応力付与部分と軟磁性体を重合させたことにより達成される。

【0008】また、前記永久磁石に吸着力緩和手段を設置したことにより達成される。

【0009】また、入力光を反射板に入射して光路を切り換える光スイッチにおいて、一端が基板上に支持され他端面に反射板を固定したレバーと、このレバーに重合された応力付与部材と、前記基板上に設置されたシリコンゲルとを備え、前記光路の切換え時は前記応力付与部材で前記レバーに反りを与え、前記光路を直進させるときは前記シリコンゲルで前記レバーを吸引することにより達成される。

## 【0010】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を図1を用いて説明する。図1は、本発明に係る光スイッチ要素の概略図である。図1において、110は、シリコン基板である。109は、基板上に形成されたヒータである。108は、ヒータ109上に取付けられた永久磁石である。107は、シリコン基板110上に取付けられた絶縁膜である。106は、絶縁膜107上に取付けられた電極膜である。105は、電極膜106上に取付けられた絶縁膜である。101は、ミラーである。102は、応力付与膜である。103は、ミラー101を支持するためのシリコン製カンチレバーである。104は、カンチレバー103に形成された電極膜である。

【0011】カンチレバー103に取付けられた電極膜104と、絶縁膜107に取付けられた電極膜106は、図示していないが電源に接続されており、それぞれ-20V～+20Vの範囲で電圧が印加されている。この電極膜104及び106の材質としては、金を用いるのが一般的であるが、銅やアルミニウムなど、電気の良い導体であれば使用することも可能である。尚、図1は、電極膜104と106に対して電圧をかけていない状態を示すものであり、カンチレバー103は、バーマロイを成膜してなる応力付与膜102の作用により、基板から反りあがった状態で保持されている。カンチレバー103の材質としては、シリコンのほかガラス、セラミックス、金属を用いることも可能である。金属を用いた場合は、電極膜104を省略しても良い。

【0012】ここで、この光スイッチの動作を図1を用いて説明する。例えば、電極膜106に-20V、電極膜104に+20Vの電圧をかけると、両電極104、106が静電力により引き付け合い、ミラー101の位置が点線で示す位置に切り換わる。この両電極104、106が接近した場合、電極膜106の上部には絶縁膜105が形成されているので、電極膜106と電極膜104とがショートすることはない。絶縁膜105の材質としてはシリカ、窒化珪素、炭化珪素、アルミナ、ポリイミドなどのガラス、セラミックス及び有機材料を使用

することができる。  
【0013】基板110には、永久磁石108が取付けられており、応力付与膜102との磁気吸引力により基板側に吸着された状態を保持することができる。次に、電極膜104と106の両者に+20Vの電圧を印加すると、両電極104、106が静電力により反発し、カンチレバー103が基板110から反りあがることになる。静電力のみでカンチレバー103が反りあがらない場合には、ヒータ109に通電して永久磁石108の温度をキュリー点以上に上昇させて磁力を低下させれば、

カンチレバー103に反りを発生させることができる。  
【0014】また、ヒータを平面コイルに置き換えることもできる。平面コイルは、導電体の薄膜をコイル状にパターンニングし、その端に電極を設けたものである。電極から通電することにより、永久磁石の磁場と逆向きの磁場を平面コイルからカンチレバーに対して印加する。この磁場の向きを永久磁石の磁場の向きと逆向きにすることで、カンチレバーに印加される磁場の強さを調整することができる。

【0015】尚、ヒータ109は、絶縁膜107により電極膜106から絶縁されているので、ヒータ109が通電されたとしても電極膜104、106の作用に影響を及ぼすことはない。絶縁膜107の材質としては、絶縁膜105と同様にガラス、セラミックス及び有機材料が使用できる。ただし、静電力のみで十分な力が発生する場合、ヒータ109を省略することは可能である。

【0016】カンチレバー103に一旦反りを生じると、永久磁石108の磁気吸引力が極端に減少するので、電極104と106とにかけた電圧を除去した状態でも、基板側に吸着されることがない。図1中、二重丸をつけた部分に、図の紙面手前側からこの二重丸めがけて光ビームを当てれば、ミラーの状態の変化により、反射と透過とを切換えることができる。しかも、それぞれの状態を電力なしで保持することができる。

【0017】本実施例で形成している各膜は、スパッタリング、蒸着あるいはCVD法により成膜し、湿式あるいはドライエッチングによって成形できる。パーマロイ製応力付与膜102については、メッキによる成膜が可能である。メッキによれば、厚い膜を短時間で形成できるので、生産効率を上げることができる。また、ミラー

の材質としてはシリコン、ガラス及び有機材料が使用できる。シリコン及びガラスの場合は、成膜後にドライエッチングにて周囲を除去するか、別プロセスにて製作したものをカンチレバー上に接合する。有機材料としては、フォトリソグとして使用されるフォトリソグ材料が使用できる。フォトリソグを堆積させた後に露光し、現像することにより周囲の不要部分を溶解除去してミラーを形成する。いずれの場合でも、表面に反射膜を形成して反射率を向上させることが望ましい。反射膜の材質としては、光の波長帯にあわせてアルミニウム、金、誘電体多層膜などを適用する。

【0018】本実施例では、基板110としてシリコンを用いているが、石英あるいはセラミックスを用いても同様にして光スイッチ要素を構成できる。図2は、本発明に係る光スイッチ要素の他の実施例を備えた図1相当図である。尚、図1と同一番号のものは、同一物であるので、その説明は省略する。図2において、701は、軟磁性体膜である。軟磁性体膜701と応力付与膜102を独立して形成することで、それぞれの材料の選択肢を広げることができる。例えば、軟磁性体膜としてパーマロイよりも飽和磁束密度の高い鉄を使うことができ、薄い膜でも十分な吸着力を得ることができる。

【0019】また、応力付与膜として窒化珪素や炭化珪素などの金属よりもヤング率の高い材料を用いることができる。この場合、薄い膜でも十分な応力を発生できるので可動部質量を低減できるとともに、成膜に必要な時間も短縮することができる。さらに金属膜を厚く堆積させるとひび割れなどが生じる場合があるが、窒化珪素や炭化珪素などのセラミックスの薄い膜であればこれらの不具合が生じにくく、生産に有利となる。さらに、応力付与膜としてシリコンを用いればシリコン製カンチレバー103と同一のエッチングプロセスで成形できるので、生産効率を上げることができる。

【0020】図3は、本発明に係る光スイッチ要素の他の実施例である。図3において、801は、カンチレバーである。カンチレバー801の材質としては、鉄、ニッケル、コバルト及びこれらの合金が適している。この構成をとればカンチレバー801自体が電極及び応力付与膜としての機能を具備するので、可動部構成が単純になり生産性が向上すると共に軽量化による動作速度の向上を図ることができる。

【0021】図4は、本発明に係る4×4マトリクス光スイッチの構成例である。201は、上部にミラー101を搭載したカンチレバーである。このカンチレバー201は、パーマロイ製応力付与膜及び電極膜からなるミラー支持部材となる。108は、電極膜106の下層にある永久磁石である。204a~204dは、入力光の伝搬経路を示す線である。205a~205dは、ミラー101に反射して方向が変更された出力光の伝搬経路を示す線である。

10

20

30

40

50

【0022】それぞれのミラー支持部材は、カンチレバー210と応力付与膜及び電極膜で形成されているので、上述した動作原理により基板110から反りあがっているものは、そのままの状態を保持する。一方、基板110に密着しているものは、基板110上の永久磁石108と図1に示したパーマロイ製の応力付与膜102の作用により、基板110に密着したままの状態を保持する。例えば、図2に示す状態の場合は、入力光204aは、光路上の1番目のミラー支持部材の下をくぐり、2番目のミラーにより反射され、方向を変えた後さらに3つのミラー支持部材の下をくぐり、出力光205bとなつて出力される。同様にして入力光204b、204c及び204dは、それぞれ出力光205d、205a及び205cとなつて出力される。以上の動作により4×4光マトリクススイッチとして機能する。

【0023】図5は、永久磁石によるカンチレバーの基板への密着保持構造の実施例を示すものである。105a及び105bは、絶縁膜である。108a、108b及び108cは、永久磁石の設置位置である。永久磁石108aを設置した場合、カンチレバー103に形成されているパーマロイ製電極膜104との間で磁気吸引力が作用する。この時、電極膜106は、非磁性体とするのが望ましい。次に永久磁石108bを設置した場合は、基板側絶縁膜107上に形成された電極膜106をパーマロイ製とし、両者の間で磁気吸引力を作用させる。この時、電極膜104は、非磁性体とするのが望ましい。さらに永久磁石108bに代えて永久磁石108cを設置してもよい。ただしパーマロイで製作する電極膜106との距離が大きくなるので、永久磁石108aや108bを設置する場合よりも同じ強さの永久磁石の場合、磁気吸引力が低下する。また、永久磁石をカンチレバー側（可動側）に設置すると、可動部質量が増大して動作速度が低下する。従って、可動部の動作速度の面では基板側に永久磁石108aを設置するのが望ましいといえる。さらに絶縁膜として、絶縁膜105aと絶縁膜105bとを選択して、あるいは両方設置することができる。この場合でも、カンチレバー側に絶縁膜105bを設置すると、可動部質量を増大させることになるが、電極膜を環境から保護できるという効果がある。

【0024】ところで、永久磁石は、その膜面が基板の面にほぼ平行である薄膜で構成することができる。スパッタリングで製膜し、フォトリソを用いたパターニングで永久磁石薄膜を形成する。永久磁石薄膜の材料としては、コバルトクロム系永久磁石、ネオジム鉄ボロン系永久磁石などを用いることができる。永久磁石からカンチレバーに印加する磁場を強くするためには、永久磁石の磁化の向きが製膜する面（基板の面）にほぼ垂直となるように形成することが望ましい。すなわち、永久磁石薄膜に垂直磁化異方性を付与することが望ましい。

【0025】コバルトクロム系永久磁石は、コバルトク

ロム（CoCr）やコバルトクロム白金（CoCrPt）等を含む。特に、Crを10～20wt%含有させた組成を用いると、磁場を強くすることができる。ただし、永久磁石薄膜の膜厚が薄すぎると、カンチレバーに印加する磁場の強さが弱くなってしまう。そこで、コバルトクロム系永久磁石薄膜の膜厚は0.1μm以上であることが望ましい。より強い磁場を得るためには、膜厚を0.5μm以上にするとよい。カンチレバーの軟磁性膜に印加する磁場を強くすることにより、永久磁石薄膜がカンチレバーを吸引する力を強くするためには、永久磁石薄膜の磁化方向を基板の面に平行な向きよりも基板の面にほぼ垂直な向きに設定する方がよい。磁化の向きを揃えるには、永久磁石を製膜後に、磁化したい向きに外部磁場を印加して熱処理することで達成できる。

【0026】ネオジム鉄ボロン系永久磁石は、ネオジム鉄ボロン（NdFeB）や、更に他の添加物を加えたものなどを含む。ネオジム鉄ボロン系永久磁石薄膜の磁化は等方性であるため、CoCr系永久磁石薄膜を用いる方が大きい吸引力を得ることができる。ネオジム鉄ボロン系永久磁石薄膜を用いる場合、十分な磁場を得るためには、永久磁石薄膜の膜厚を0.5μm以上にして、体積を確保することが望ましい。

【0027】また、カンチレバーに設けた軟磁性体膜を吸引する力を高めるには、永久磁石膜がカンチレバーに印加する磁場を強くするだけでなく、透磁率の高い軟磁性体膜をカンチレバーに設けるとよい。

【0028】以上で述べたように、カンチレバーの軟磁性体膜の構造にも依るが、永久磁石薄膜を用いる場合、永久磁石薄膜の膜厚を0.1μm以上、より好ましくは0.5μm以上にするとよい。尚、永久磁石薄膜の膜厚は、基板上に設ける絶縁膜の厚さより小さくすることが望ましい。

【0029】図6は、本発明に係るカンチレバーの他の吸着保持構造の実施例である。401aは、吸着保持材、401bは、永久磁石である。吸着保持材401aを設置することにより、カンチレバー103が基板110側に静電力により吸着された際に、カンチレバー底面に形成されている電極膜104を吸着保持材401aが吸着する。静電力を除去しても吸着保持材401aの吸着力は持続するので、カンチレバー103は基板側に吸着されたまま保持される。吸着保持材401aとしてはシリコンゲルなどを用いることができる。さらに吸着材401aの代わりに永久磁石401bを用いてもよい。ただしこの場合は、カンチレバー103を永久磁石401bに対向する位置まで延長した構成としておく。これにより、永久磁石401bは、カンチレバー103の底面を吸着し、保持することができる。

【0030】図7は、本発明に係る4×4光マトリクススイッチの駆動用電極及びヒーター用電極の配線の実施例の上面図である。501は、ヒーター用電極、502

は、駆動用電極である。

【0031】一つのミラー101につき駆動用電極とヒーター用電極が一組ずつ設置されている。本実施例ではそれぞれの電極をすべて独立して扱っているが、基板側の駆動用電極を相互に接続して共通電極としてもよい。さらにヒーター用電極も、片側を相互に接続することにより共通電極とすることができる。

【0032】図8は、他の光スイッチにおける本発明に係る実施例である。601はミラー、602はミラー支持基板、603は断面で示す弾性支持梁、604はパーマロイ製の可動側電極、605はスペーサ、606は絶縁膜、607は基板側電極、608は永久磁石、609は基板、610aは入力光、610bは反射出力光、610cは透過出力光、611はヒータである。

【0033】ミラー601が基板609から離れている時は、入力光610aがミラー601により反射されて反射出力光610bとなる。可動側電極604と基板側電極607に極性が逆の電圧をそれぞれ印加して両者を吸着させると、永久磁石608の作用によりミラー601は、基板609側に吸着保持される。この状態では、入力光610aは、ミラー601により反射されことなく透過して、出力光610cとなる。以上の動作により、自己保持性のある光スイッチングが実現される。ミラー601を基板から離すには、可動側電極604及び基板側電極607に同極性の電圧を印加する。静電力が不足する場合は、ヒータ611に通電して永久磁石608の温度をキュリー点以上に上昇させ、磁力を低下させることによりミラー601を基板から離すことができる。静電力のみで十分な力が発生する場合は、ヒータ611を省略することもできる。

【0034】以上の如く、本発明によれば、電源を切断しても切り換え状態が保持されるので、停電などが生じても光スイッチの状態が変化することがない。また、状態保持時の消費電力を削減した光スイッチを提供できる。

【0035】

【発明の効果】本発明によれば、回転部分がなく、信頼性が高い光スイッチを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、光切り換え要素の構造を示す光スイッチの正面図である。

【図2】図2は、光切り換え要素の構造を示す光スイッチの正面図である。

【図3】図3は、光切り換え要素の構造を示す光スイッチの正面図である。

10 【図4】図4は、4×4光マトリクススイッチ斜視図である。

【図5】図5は、永久磁石及び絶縁膜の配置した光スイッチの部分正面図である。

【図6】図6は、永久磁石によらずに自己保持が可能な光スイッチの正面図である。

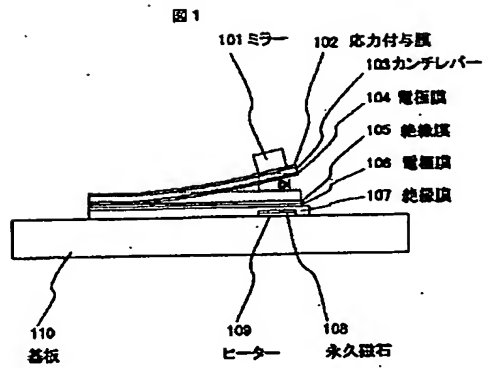
【図7】図7は、4×4光マトリクススイッチの上面図である。

【図8】図8は、永久磁石による自己保持性を有する他の光スイッチの正面図である。

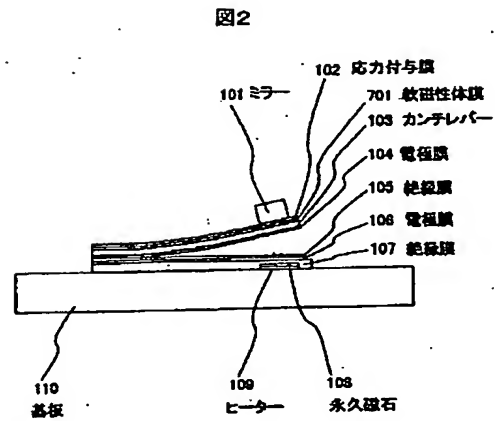
20 【符号の説明】

110…基板、109…ヒーター、108…永久磁石、107…絶縁膜、106…電極膜、105…絶縁膜、101…ミラー、102…応力付与膜、103…カンチレバー、104…電極膜、106…電極膜、201…カンチレバー、108…永久磁石、204a～204d…入力光の伝搬経路、205a～205d…出力光の伝搬経路、105a…絶縁膜、105b…絶縁膜、108a…永久磁石、108b…永久磁石、108c…永久磁石、401a…吸着保持材、401b…吸着材、501…ヒーター用電極、502…駆動用電極、601…ミラー、602…ミラー支持基板、603…弾性支持梁、604…可動側電極、605…スペーサ、606…絶縁膜、607…基板側電極、608…永久磁石、609…基板、610a…入力光、601b…反射出力光、601c…透過出力光、611…ヒータ。

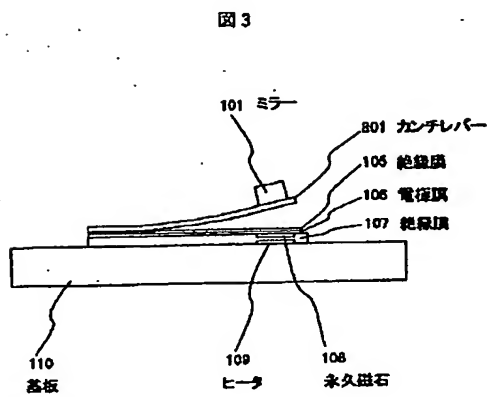
【図1】



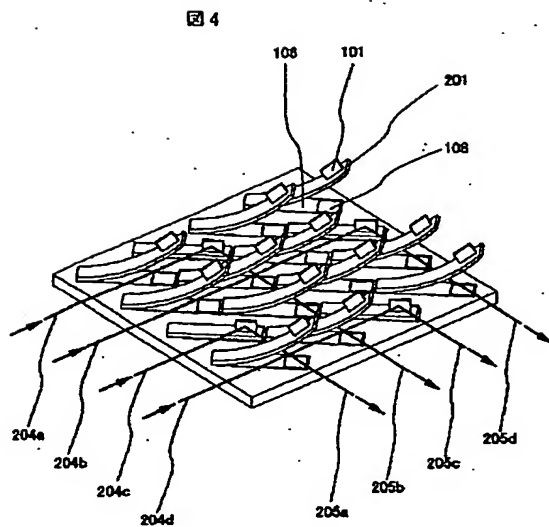
【図2】



【図3】

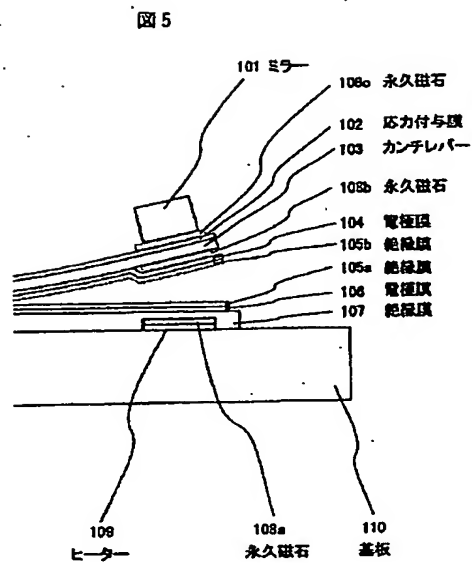


【図4】

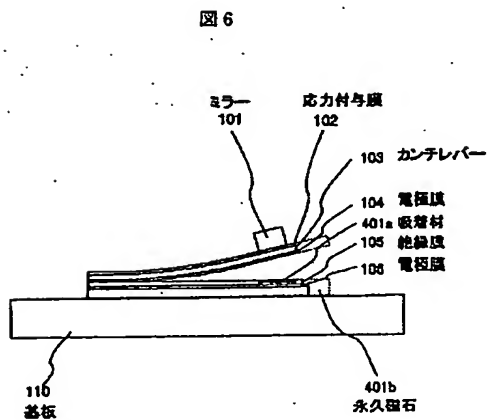




【図5】



【図6】



【図7】

図7

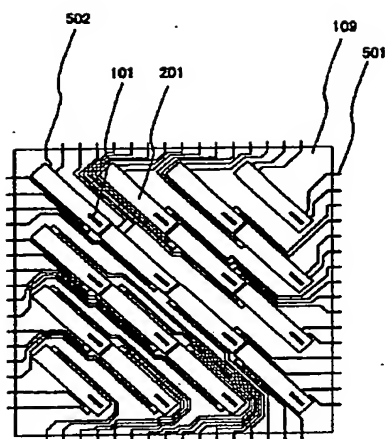
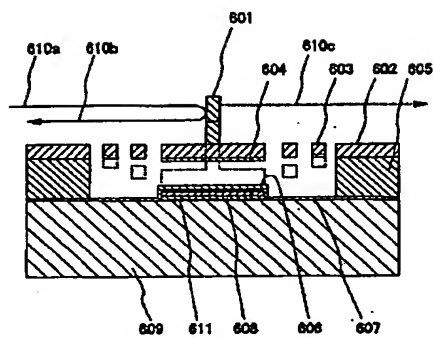


图 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**